



## Biologia 25.3.2021

Lopulliset hyvän vastauksen piirteet 18.5.2021

Lopullisista hyvän vastauksen piirteistä ilmenevät perusteet, joiden mukaan koesuorituksen lopullinen arvostelu on suoritettu. Tieto siitä, miten arvosteluperusteita on sovellettu kokelaan koesuoritukseen, muodostuu kokelaan koesuorituksesta saamista pisteistä, lopullisista hyvän vastauksen piirteistä ja lautakunnan määräyksissä ja ohjeissa annetuista arvostelua koskevista määräyksistä. Lopulliset hyvän vastauksen piirteet eivät välttämättä sisällä ja kuvaa tehtävien kaikkia hyväksytyjä vastausvaihtoehtoja tai hyväksytyyn vastauksen kaikkia hyväksytyjä yksityiskohtia. Koesuorituksessa mahdollisesti olevat arvostelumerkinnot katsotaan muistiinpanoluonteisiksi, eivätkä ne tai niiden puuttuminen näin ollen suoraan kerro arvosteluperusteiden soveltamisesta koesuoritukseen.

Biologia on luonnontiede, joka tutkii biosfäärin elollisen luonnon rakennetta, toimintaa ja vuorovaikutussuhteita ulottuen molekyyli- ja solutasolle. Keskeisellä sijalla on myös ihmisen biologiaan liittyvien asioiden ja ilmiöiden ymmärtäminen. Biologialle tieteenä on ominaista havainnointiin ja kokeellisuuteen perustuva tiedonhankinta. Biotieteet ovat nopeasti kehittyviä tiedonaloja, joiden sovelluksia hyödynnetään laajasti yhteiskunnassa. Biologia tuo esille uutta tietoa elollisen luonnon monimuotoisuudesta ja huomioi ihmisen toiminnan merkityksen ympäristössä, luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa ja kestäväen kehityksen edistämässä.

Biologian ylioppilaskokeessa arvioidaan kokelaan biologisen ajattelun ja tietämyksen kehittyneisyyttä, kykyä esittää vaadittavat asiat jäsennellysti ja oikealla tavalla asiayhteyteen sidottuna. Kokeessa arvioidaan kokelaan kykyä tarkastella ilmiöiden vuorovaikutus- ja syy- seuraussuhteita. Peruskäsitteiden ja -ilmiöiden hallinnan lisäksi arvioidaan kokelaan taitoa tulkita kuvia, kuvaajia, tilastoja ja ajankohtaista tietoa sekä perustella vastauksensa. Hyvä vastaus tarkastelee ilmiöitä monipuolisesti ja havainnollistaa niitä esimerkein. Hyvä vastaus perustuu faktoihin, ei perustelemattomiin mielipiteisiin. Hyvässä vastauksessa taulukot, kuvaajat ja piirroksot on esitetty selkeästi.



## Osa 1: 20 pisteen tehtävä

### 1. Monivalintatehtävä (20 p.)

1.1 Mikä seuraavista väittämistä on oikein? (2 p.) (monivalintavastaus)

- Luonnonvalinta toimii tyypillisesti yksilötasolla. (2 p.)

1.2 Mikä seuraavista eliökunnan luokitteluun liittyvistä väitteistä on oikein? (2 p.) (monivalintavastaus)

- Eliökunnan luokittelussa käytetään luokittelua laji, suku, heimo, lahko, luokka ja pääjakso tai kaari. (2 p.)

1.3 Seuraavien eläinten joukosta evoluutiohistorian kannalta läheisintä sukua ihmiselle on (2 p.) (monivalintavastaus)

- sammakko. (2 p.)

1.4 Seuraavien kasvilajien joukosta evoluutiohistorian kannalta läheisintä sukua pihlajalle on (2 p.) (monivalintavastaus)

- voikukka. (2 p.)

1.5 Mikä seuraavista lajien välisiä suhteita koskevista väitteistä on oikein? (2 p.) (monivalintavastaus)

- Loinen hyötyy isännästä ja peto saaliista. (2 p.)

1.6 Mikä seuraavista kuvaa parhaiten termiä eliöyhteisö? (2 p.) (monivalintavastaus)

- lammen kaikki elolliset eliöt, kuten lumpeet, piilevät, ahvenet, simpukat ja vesikirput (2 p.)

1.7 Mikä seuraavista kuvaa parhaiten maaekosysteemien trofiatasoa tuottajat? (2 p.) (monivalintavastaus)

- Sen biomassassa on muihin trofiatasoihin verrattuna kaikkein suurin. (2 p.)

1.8 Mikä seuraavista ympäristömyrkyistä koskevista väitteistä on oikein? (2 p.) (monivalintavastaus)

- DDT:n pitoisuudet suomalaisissa huippupedoissa ovat pienentyneet viime vuosina. (2 p.)

1.9 Kasvi- ja eläinsoluissa on (2 p.) (monivalintavastaus)

- mitokondrioita, ribosomeja ja tumajyvänen. (2 p.)

1.10 Suureen vedellä täytettyyn läpinäkyvään astiaan laitettiin pieni määrä soraa, vihreitä vesikasveja ja kala. Astia suljettiin ilmatiiviisti ja sijoitettiin lähelle ikkunaa, niin että se sai päivisin auringonvaloa. Astian ilmatilaan kertyy hiilidioksidia. Se on peräisin (2 p.) (monivalintavastaus)

- kasveista ja kalasta, jotka tuottavat sitä jatkuvasti soluhengityksessään. (2 p.)



## Osa 2: 15 pisteen tehtävät

### 2. Eläinten hapenotto (15 p.)

#### 2.1 (5 p.)

Yhteensä 5 pistettä seuraavista:

Happea tarvitaan soluhengityksessä (1 p.), jossa hapellisissa oloissa solut vapauttavat energiaa käyttöönsä (1 p.).

Soluhengityksessä happea tarvitaan mitokondrion elektroninsiirtoketjussa (1 p.), jossa hapesta ja vedystä muodostuu vettä (1 p.) ja syntyy ATP:tä.

Soluhengityksen reaktioyhtälö:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{energiaa}$ . (1 p.)

Monet elämälle välttämättömät biomolekyylit, esimerkiksi rasva-aineet, hiilihydraatit, proteiinit ja vitamiinit, sisältävät happea. (1 p.)

Vesimolekyyleissä on happea, ja kaikki elävät solut sisältävät runsaasti vettä. (1 p.)

Fagosytoosia suorittavat syöjäsolut tuottavat haitallisia happiradikaaleja tuhotessaan elimistöön tunkeutuneita mikrobeja. (2 p.)

#### 2.2 (10 p.)

Lajien tunnistaminen, 3 x 1 piste:

Laji 1: ahven

Laji 2: (euroopan/kanadan)majava

Laji 3: (rusko/viita)sammakko

Yhteensä 7 pistettä seuraavista:

Ahven ottaa liuennutta happea suoraan vedestä. (1 p.) Hapen ottaminen tapahtuu kiduksien avulla. (1 p.)

Kidukset ovat runsaasti verisuonia sisältävä poimuinen rakenne, jossa kaasujen vaihto tapahtuu. (1 p.)

Euroopanmajava ottaa happea keuhkojen avulla. (1 p.) Happipitoinen ilma päätyy keuhkoihin aktiivisesti hengityslihaksisen (pallea, kylkivälilihakset) avulla. (1 p.) Kaasujenvaihto tapahtuu keuhkorakkuloissa eli alveoleissa. (1 p.)

Ruskosammakko ottaa happea sekä vedestä että ilmasta. (1 p.) Hapen ottaminen tapahtuu sekä keuhkojen avulla että ihon läpi. (1 p.) Ihon tulee olla kostea, jotta kaasujenvaihto ihon läpi on mahdollista. (1 p.)

Sammakon hapen otosta voi saada vain yhden pisteen, jos vastauksesta puuttuu iho tai keuhkot.



Kaikissa edellä mainituissa tapauksissa happi siirtyy solun ulkopuolelta (vedestä tai ilmasta) solukalvon läpi soluun diffuusion avulla. (1 p.)

### 3. Kaupunkiekologia (15 p.)

Kaupungit muodostavat hyvin erilaisia elinympäristöjä. Osa kaupungeista on tiheään rakennettuja, osassa on runsaasti viheralueita, kuten metsää ja viljelysmaata.

Hyvässä vastauksessa käsitellään sekä kaupunkien etuja että haittoja kasvien ja eläinten elinympäristönä esimerkiksi seuraavista näkökulmista (1 piste / perusteltu kohta):

Kaupunkiympäristön piirteitä, jotka vaikuttavat suotuisasti kasveihin ja eläimiin

- Erilaiset ulokkeet sekä lokerot ja ullakot taloissa tarjoavat pesimä- ja piilopaikkoja useille eläimille (kolopesijät).
- Roskapöntöt ja jätteet tarjoavat monille linnuille ja nisäkkäille ravintoa (esimerkiksi kettu, supikoira, isorotta, harakka ja varis).
- Viheralueiden kasvillisuus saattaa olla monipuolista (puistot, hautausmaat, jättömaat, metsät, puutarhat, pellot), ja se lisää alueen hyönteislajistoa ja siten linnustoa.
- Etenkin kaupunkimetsien reuna-alueiden vaikutus lisää lajiston monimuotoisuutta.
- Kaupungeissa lämpötila on 1–3 °C korkeampi kuin maaseudulla, koska rakennukset ja asfaltti sitovat lämpöä. Hukkalämpöä tulee ilmanvaihtokanavista, viemäreistä ja kaukolämpöputkista. Seurauksena kaupungeissa elää eteläisempiä lajeja kuin ympäröivällä maaseudulla.
- Puistoissa on hyvin vanhoja puita, joista kolopesijät ja lahottajasienet hyötyvät.
- Haaskansyöjät hyötyvät liikenteessä kuolleista eläimistä.
- Torit ovat useiden lintujen ravinnonhankintapaikkoja (nauru- ja harmaalokeille on kehittynyt uusi ekologinen lokero).
- Jättömailla saattaa olla määrällisesti runsas kasvillisuus (piharatamo, pihasaunio, pihatähtimö, pietaryrtti, jauhosavikka, voikukka).
- Maaseutumaisten kaupunkien metsät ja viljelymaat tarjoavat elinympäristöjä monille eläinlajeille.
- Joissakin kaupungeissa suositaan viherkattoja. Ne lisäävät hyönteislajistoa ja lintujen pesintämahdollisuuksia.
- Kaupungeissa tasakattoisten rakennusten katot ovat hyviä pesimäpaikkoja esimerkiksi lokeille.



- Merenrantakaupungeissa laivaliikenne pitää satama-alueita sulana, mikä hyödyttää sinisorsia ja lokkeja.

Kaupunkiympäristön piirteitä, jotka ovat haitallisia kasveille ja eläimille:

- Kaupungeissa on suuria asfaltoituja alueita (parkkialueet, kadut, aukiot, lentokentät). Asfaltti sitoo lämpöä ja estää vajoveden imeytymisen maaperään.
- Yleensä kaupungeissa sataa enemmän kuin maaseudulla, koska kaupunkien ilmassa on enemmän tiivistymiskeskuksia.
- Ilmansaasteita on runsaasti verrattuna maaseutuun (liikenteen ja lämmityksen päästöt).
- Korkeiden talojen muodostamat ns. tuulitunnelit haittaavat eläimiä.
- Lajistollisesti karsittu kasvillisuus (puistot) vähentää biodiversiteettiä.
- Viheralueilla on runsaasti vain sukkession pioneerivaiheen kasveja.
- Katu- ja mainosvalot haittaavat eliöiden lisääntymis- ja vuorokausiaktiivisuutta.
- Sulamisvesien ja sateen määrä voi olla hyvin suuri, mistä voi seurata paikallisia tulvia.
- Jatkuva melu vaikuttaa eläinten käyttäytymiseen (esim. lintujen laulu ei kuulu).
- Jatkuva maaperän kulutus, kaivaminen ja maansiirrot muuttavat eläinten ja kasvien elinympäristöjä.
- Elinympäristöjen mosaiikkimaisuus haittaa eliöiden leviämistä (ekologisten käytävien puute).
- Eläimiä kuolee liikenneonnettomuuksissa.
- Vieraslajit, kuten kurturuusu, jättiputki, ruttojuuri, lupiini, jättipalsami (vanhojen satamien painolastimailta, rautatiekuljetusten mukana ja puutarhoista levinneet lajit), vievät elinympäristöä alkuperäiseltä kasvillisuudelta.
- Ihmisten hylkäämät lemmikkieläimet kilpailevat alkuperäisten lajien kanssa.
- Ravinnekierto on niukkaa, koska hajotettavaa on vähemmän kuin maaseudulla. Esimerkiksi puistoista kerätään pois lakastuvat kasvit. Ravinnekierto on avointa.
- Rungas liikenne tuottaa pakokaasuja, jotka edistävät happamoitumista.
- Vedet rehevöityvät runsaiden valumavesien (asfaltin vaikutus) ja ilmansaasteiden vaikutuksesta.
- Kaupunkien suuret kaatopaikat lisäävät esimerkiksi rottien määrää.

Havainnollisista lajiesimerkeistä annetaan enintään 2 pistettä (3 kasvi- ja 3 eläinlajia).

Suomen kaupunkiin sopeutuneita nisäkkäitä ovat esimerkiksi rusakko, orava, siili, supikoira, kettu, mäyrä, kani, metsähiiri, isorotta ja lepakot. Tällaisia lintuja ovat puolestaan kesykyhky (pulu), pikkuvarpunen, varpunen, tervapääsky, naakka, varis ja harakka. Metsissä, rannoilla ja viljelymailla pesiviä, mutta kaupungeista ruokaa hakevia lajeja ovat mm. kanahaukka ja naurulokki.



Jos vastaus on puutteellisesti jäsennelty tai siinä on merkittäviä virheitä, siitä voi saada enintään 13 pistettä.

#### 4. Solukalvon läpäisevyys (15 p.)

##### 4.1 (9 p.)

Solukalvon rakenteet (3 x 1 p.):

1. kolesteroli
2. kalvoproteiini (hyväksytään myös muita kalvoproteiinin nimiä, kuten kanavaproteiini, ionikanava, pumppuproteiini, kuljettajaproteiini tai kantajaproteiini)
3. kalvolipidi (hyväksytään myös muita nimiä, kuten lipidikalvo tai fosfolipidikalvo)

Rakenteiden merkitys solukalvon toiminnassa (yhteensä 6 p. esimerkiksi seuraavista):

Kolesteroli jäykistää solukalvon rakennetta. (1 p.)

Kalvoproteiinien kautta osa aineista läpäisee solukalvon. (1 p.) Kalvoproteiinien avulla ylläpidetään monien aineiden (ionit, aineenvaihduntatuotteet) pitoisuuseroja elävissä soluissa. (1 p.) Aineita kuljetetaan kalvoproteiinien kautta sekä sisään- että ulospäin. (1 p.) Kalvoproteiinit voivat toimia reseptoreina tai entsyymeinä. (1 p.)

Kalvolipidit muodostavat solukalvon perusrakenteen (1 p.), joka rajoittaa aineiden kulkua solukalvon läpi (1 p.). Kalvolipidien rasvahapot muodostavat solukalvon vettä hylkivän (hydrofobisen) pään ja glyseroli vesihakuisen (hydrofiilisen) pään. (1 p.)

Jos rakenne on nimetty väärin, toiminnan kuvaaminen ei tuota pisteitä.

##### 4.2 (6 p.)

Yhteensä 2 pistettä/kohta.

a) Kaasumainen hiilidioksidi kulkeutuu diffuusiolla (1 p.) passiivisesti (pitoisuusgradientin suuntaan) (1 p.) solukalvon läpi.

b) Glukoosi kuljetetaan solukalvon läpi kantajaproteiinin (glukoositransportteri) avulla (1 p.) konsentraatiogradientin suuntaan, mikä ei vaadi energiaa (1 p.). Glukoosia voidaan kuljettaa myös proteiinipumpun avulla (1 p.). Tällöin kuljetus on aktiivista, eli se vaatii energiaa (1 p.).



c) Etanoli on orgaaninen liuotin (1 p.). Etanoli on poolinen yhdiste, mutta poolittoman hiiliketjun ansiosta se kulkeutuu solukalvon läpi helposti diffuusiolla. (1 p.).

## 5. Entsyymien tuotto soluissa (15 p.)

Yhteensä 15 pistettä esimerkiksi seuraavista:

Entsyymit ovat proteiineja, joita syntyy proteiinisynteesissä. (1 p.)

Geenin rakenne ja aktivoituminen (enintään 4 p.)

- Geeni koostuu säätelyalueesta ja RNA:ta koodittavista alueista eli eksoneista. Niiden välissä on eikoodaavia alueita eli introneita. (1 p.)
- Säätelyalueella on ennen koodaavaa aluetta promoottori (1 p.) ja sen edessä on tehostajajaksoja (1 p.), jotka auttavat esimerkiksi geenin luennan aloitusta (1 p.).
- Geenin säätelyalueen tehtävänä on käynnistää geenin luenta ja RNA:n rakentaminen. (1 p.)

Transkriptio (enintään 4 p.)

- Geenin luenta alkaa, kun RNA-polymeraasientsyymi tarttuu DNA-juosteen promoottoriin. (1 p.)
- Se etenee nukleotidi nukleotidilta, kun nukleotidia vastaava vastinnukleotidi liitetään emäspariperiaatteen mukaan (1 p.) syntyvään lähetti-RNA-ketjuun. (1 p.)
- Esiaste-RNA:sta silmukoidaan pois intronit. (1 p.)
- Valmis lähetti-RNA liikuu tumasta tumakotelon aukon kautta solulimaan. (1 p.)

Translaatio (enintään 4 p.)

- Lähetti-RNA kiinnittyy (karkean) solulimakalvoston (1 p.) ribosomiin. (1 p.)
- Solulimassa olevat siirtäjä-RNA:t tuovat niiden toiseen päähän kiinnittyneen aminohapon lähetti-RNA:n ribosomilla olevan kodonin luokse. (1 p.)
- Mikäli lähetti-RNA:n kodoni ja siirtäjä-RNA:n antikodoni sopivat yhteen emäspariperiaatteen mukaan, irtoaa aminohappo siirtäjästä. (1 p.)
- Ribosomi muodostaa aminohappojen välille peptidisidoksen. (1 p.)
- Aminohappoketju muodostaa proteiinin primaarirakenteen. (1 p.)

Proteiinin muokkaus ja entsyymien erittyminen ohutsuoleen (enintään 4 p.)

- Primaarirakenteinen aminohappoketju laskostuu kolmiulotteiseksi molekyyliksi. (1 p.)



- Proteiiniin voidaan vielä liittää hiilihydraattiosia Golgin laitteessa. (1 p.)
- Proteiinit kootaan kalvojen muodostamiin rakkuloihin, joiden pinnalla on tunnistajamolekyylejä. (1 p.)
- Tunnistimien avulla rakkulat siirtyvät solukalvolle, johon ne sulautuvat, ja rakkulan sisältö siirtyy solun ulkopuolelle eksosytoosin avulla. (1 p.)

## 6. Hemofilia (15 p.)

### 6.1 (10 p.)

Yhteensä 10 pistettä esimerkiksi seuraavista:

Veren hyytyminen on monimutkainen reaktiosarja, johon vaikuttavat monet hyytymistekijät (veren proteiinit) (1 p.), joista useimmat ovat maksan muodostamia. (1 p.) Kalsiumionit saavat protrombiinin muuttumaan trombiiniksi. (1 p.) K-vitamiinia tarvitaan protrombiinin muodostumiseen. (1 p.)

Rikkoutuneen verisuonen seinämän kollageeni (1 p.) ohjaa paikalle verihiutaleita (1 p.). Trombiinientsyymi aiheuttaa veren liukoisen fibrinogeenin (1 p.) muuttumisen säiemäiseksi ja liukenemattomaksi fibriiniksi (1 p.). Verisolut tarttuvat fibriiniin ja tukkivat haavan. (1 p.)

Myös verisuonten supistuminen hillitsee verenvuotoa. (1 p.)

Fibriinistä ja siihen tarttuneista verisoluista ja kuivuvasta veriseerumista muodostuu rupi (1 p.), joka suojaa haavaa (1 p.).

Ruven alle muodostuu uusi ihokerros. (1 p.)

Vastauksessa voi käsitellä myös eri sairauksien tai haavan hoitamisen merkitystä haavan paranemiselle (1–2 p.)

### 6.2 (5 p.)

Kuningatar Elisabet ei voi olla kuningatar Viktorialta periytyvän tautialleelin kantaja (1 p.), sillä hänen ja kuningatar Viktorian välillä on sukupuussa kolme kuningasta (Edward VII, Yrjö V ja Yrjö VI), joilla ei ole todettu hemofiliaa (1 p.). Mies ei voi olla X-kromosomissa periytyvän resessiivisen alleelin oireeton kantaja. (1 p.)





Koska Williamilla eikä Harryllä ole todettu hemofiliaa, ei hemofilia B -alleeli voisi periytyä jälkeläisille heidän kauttaan. (1 p.) Jos Williamin tai Harryn lapsella olisi hemofilia, sen on periydyttävä lapsen äidiltä (Catherine tai Meghan), jonka pitäisi olla sairauden kantaja. (1 p.) Toinen vaihtoehto on, että lapsen jommankumman vanhemman sukusolussa on tapahtunut tämä X-kromosomiin sitoutunut mutaatio. (1 p.)

## 7. Hermoimpulssin kulku (15 p.)

### 7.1 (8 p.)

2 p./kohta

1. Kohdassa 1 vallitsee lepojännite. (1 p.) Natriumkanavat ovat kiinni. Kaliumin vuotokanavia on auki ja jänniteherkät kaliumkanavat kiinni (1 p.), ja solun sisällä olevat suuret anionit eivät pääse solukalvon läpisoluvälitilaan (1 p.), jolloin solun sisäpuoli on negatiivisesti varautunut verrattuna solun ulkopuoleen. (1 p.)
2. Vaiheessa 2 tapahtuu depolarisaatio. (1 p.) Ärsytys saa natriumkanavat aukeamaan (1 p.), jolloin natriumioneita ( $\text{Na}^+$ ) virtaa soluun sisään. Solun sisäpuoli muuttuu positiivisesti varautuneeksi (1 p.) verrattuna ulkopuoleen. Tällöin saavutetaan toimintajännite, ja impulssi kulkee eteenpäin (1 p.)
3. Vaiheessa 3 tapahtuu repolarisaatio. (1 p.) Natriumkanavat sulkeutuvat nopeasti ja kaliumkanavat aukeavat (1 p.), jolloin kalium ( $\text{K}^+$ ) virtaa solun ulkopuolelle. Solun sisäpuoli vaihtuu taas negatiivisesti varautuneeksi verrattuna solun ulkopuoleen. (1 p.)
4. Natrium-kaliumpumppu palauttaa ionit takaisin alkuperäisille puolille solukalvoa (1 p.), jolloin lepojännite palautuu.  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -pumppu vaatii ATP-energiaa. (1 p.)

TAI

Jänniteherkkien kaliumkanavien ollessa auki kaliumia virtaa konsentraatiogradientin suuntaisesti solusta ulos enemmän kuin lepojännitteessä (1 p.). Tästä syystä solulima on hetken lepojännitettä negatiivisempi (1 p.), eli syntyy (jälki)hyperpolarisaatio (1 p.). Natrium-kaliumpumppu ylläpitää natriumin ja kaliumin pitoisuseroja solun ulko- ja sisäpuolen välillä. (1 p.)  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -pumppu vaatii ATP-energiaa (1 p.).

Kohdassa neljä ensimmäinen vaihtoehto vastaa eräiden lukion oppikirjojen esittämistapaa, jälkimmäinen puolestaan ajantasaista tietoa.



## 7.2 (2 p.)

8 millisekunnin (ms) päästä kuvaajan alusta. (1 p.)

Uusi impulssi ei voi syntyä ennen kuin lepojännite on palautunut (ionit ovat palautuneet oikeille puolille solukalvoa eli solukalvo on repolarisoitunut). (1 p.)

## 7.3 (5 p.)

Tahdonalainen liike (yhteensä enintään 2–3 p. seuraavista)

Pallon potkaisu on tahdonalainen liike (1 p.), jossa signaali saa alkunsa (iso)aivojen motorisesta aivokuoresta (1 p.) ja jatkuu selkäyttimeen, ja siitä liikehermoa pitkin jalan koukistaviin lihaksiin (1 p.). Pikkuaivot osallistuvat liikkeen hienosäätöön (1 p.).

Refleksi (yhteensä enintään 2–3 p. seuraavista)

Kivun aiheuttama koukistus on refleksi. (1 p.) Kipuhermopäätteet ärtyvät nopeasti, jolloin tuntohermo (1 p.) siirtää viestin selkäytimen (1 p.) välittävän hermosolun (1 p.) kautta suoraan liikehermoon, joka saa aikaan jalan koukistavien lihasten supistumisen (1 p.). (Viesti aivoille lähtee selkäydintä pitkin samaan aikaan, mutta saapuu aivoihin hieman myöhemmin, minkä takia kivun tuntee vasta refleksin jälkeen.)

## 8. Bakteriofagit (15 p.)

### 8.1 (8 p.)

Yhteensä enintään 8 pistettä esimerkiksi seuraavista:

Bakteriofagit ovat viruksia (1 p.), jotka loisivat bakteereissa (1 p.). Bakteriofageilla ei ole omaa aineenvaihduntaa tai solurakennetta (1 p.). Niillä on proteiinikuoresta koostuva pää (kapsidi) (1 p.), jonka sisällä sijaitsee perintöaines (yleensä DNA) (1 p.). Häntäosan kuitujen (1 p.) avulla faagi tunnistaa bakteerin ja kiinnittyy siihen. (1 p.)

Muiden virusten tavoin bakteriofagit tarvitsevat isäntäsolun lisääntyäkseen. (1 p.) Kun faagi on tunnistanut bakteerisolun ja kiinnittynyt siihen, perintöaines siirtyy bakteerin sisään. (1 p.) Isäntäsolu monistaa faagin perimää (1 p.) ja tuottaa faagin rakenneosia (1 p.), joista muodostuu uusia faageja. Isäntäsolun kuollessa muodostuneet faagit vapautuvat. (1 p.)



## 8.2 (7 p.)

Hyvässä vastauksessa käsitellään sekä faagiterapiaan (3–4 p.) että antibiootteihin (3–4 p.) liittyviä seikkoja.

Yhteensä enintään 7 p. esimerkiksi seuraavista:

Faagiterapian käyttö perustuu siihen, että bakteriofagit tuhoavat taudinaiheuttajabakteereita elimistössä.

(1 p.) Faagit ovat isäntäspesifisiä, ja siksi ne tuhoavat vain tiettyjä taudinaiheuttajabakteereita. (1 p.) Tämän vuoksi jokaista taudinaiheuttajabakteeria varten täytyy tunnistaa oma faagi. (1 p.)

Antibiootit ovat kemiallisia yhdisteitä, joiden vaikutus kohdistuu bakteerien rakenteeseen tai toimintaan.

(1 p.) Monet antibiootit ovat epäspesifisiä: ne tuhoavat taudinaiheuttajien lisäksi elimistön hyödyllisiä

bakteereita. (1 p.) Monet bakteerit pystyvät kehittämään vastustuskyvyn antibiootteja vastaan

(antibioottiresistenssi). (1 p.)

Faagiterapian etuna on se, että bakteerit eivät kykene kehittämään niitä kohtaan vastustuskykyä samalla

tavoin kuin antibiootteja vastaan. (1 p.) Etuna on myös se, että elimistön normaalit bakteerit säilyvät

faagiterapiassa. (1 p.) Faagiterapia on melko vanha hoitomuoto, jonka käyttö väheni antibioottien

keksimisen jälkeen. (1 p.) Antibioottiresistenssin yleistymisen myötä faagiterapian hyödyntämistä on alettu

tutkia uudestaan. (1 p.)

## Osa 3: 20 pisteen tehtävät

### 9. Jääkauden eläimistö (20 p.)

#### 9.1 (5 p.)

Yhteensä 5 pistettä esimerkiksi seuraavista (1 p./kohta; 2 p./kohta kattavasti selitettynä):

- Tärkeimpänä tietolähteenä mammutin ulkonäöstä toimivat mammuttien fossiiliset luut sekä Siperian ikiroudassa säilyneet kokonaiset ruhot. Niiden ansiosta pystytään ennallistamaan mammuttien ulkomuoto varsin tarkasti.
- Hampaat säilyvät hyvin, ja siksi niistä on voitu päätellä, millaista mammuttien ravinto on ollut.
- Luiden ja muiden ruumiinosien ohella myös mammuttien ulosteita on säilynyt fossiileina. Ulosteiden avulla on mahdollista selvittää, millaisia kasveja mammutit söivät.
- Myös mammuttien jalanjälkiä on säilynyt fossiileina, ja ne kertovat kuinka mammutit liikkuivat.
- Jääkauden ihmiset maalasivat ja kaiversivat toisinaan mammuttien kuvia luolien seinämiin. Tämän luolataiteen ansiosta meillä on myös silminnäköjoiden tekemiä kuvia mammutteista.



- Mammuttien nykyisiä sukulaisia norsuja tutkimalla on myös mahdollista tehdä päätelmiä mammuttien biologiasta ja käyttäytymisestä.
- Erityisen hyvin säilyneistä mammuttien fossiileista on lisäksi nyky menetelmin mahdollista eristää muinais-DNA:ta, minkä ansiosta voimme tutkia mammutin perimää ja verrata sitä nykyään elävien norsujen DNA:han.

## 9.2 (5 p.)

Yhteensä 5 pistettä esimerkiksi seuraavista (1 p./kohta; 2 p./kohta kattavasti selitettynä):

- Jääkauden aikana eläneiden eläinlajien kantamuodot levisivät Eurooppaan aikaisemmin, kun ilmasto oli nykyistä lämpimämpi. Siten ne sopeutuivat ajan myötä vähitellen viileneviin oloihin.
- Niillä oli siis paljon aikaa sopeutua vähitellen tapahtuviin ilmaston ja muun ympäristön muutoksiin.
- Kylmissä oloissa selviytymistä edesauttaviin sopeumiin kuuluvat mm. paksu turkki ja rasvakerros, suuri ruumiinkoko (Bergmannin sääntö) ja pienet ruumiinulokkeet, kuten mammuttien tapauksessa korvat (Allenin sääntö).
- Kasvinsyöjät sopeutuivat ilmaston muuttuessa tapahtuviin kasvillisuuden muutoksiin. Tämä muutos näkyi niiden hampaistossa, joka kehittyi hyödyntämään paremmin sitkeää arojen kasvillisuutta.
- Mammutit saattoivat lisäksi käyttää pitkiä syöksyhampaitaan ravintokasvien päällä olevan lumen kaivamiseen.
- Pohjoisilla alueilla elämään sopeutuneilla lajeilla oli vähemmän kilpailijoita kuin trooppisissa elävillä.

Vastauksessa voidaan käsitellä yllä mainittuja sopeumia myös luonnonvalinnan näkökulmasta (1 p./kohta):

- Sopeutumista on tapahtunut suuntaavan luonnonvalinnan vaikutuksesta.
- Sopeumiin liittyvät edulliset alleelit ovat parantaneet kyseisten yksilöiden kelpoisuutta (fitness).
- Seurauksena kelpoisimmat yksilöt ovat selviytyneet ja lisääntyneet tehokkaammin muuttuneissa olosuhteissa.
- Näin ominaisuudet (esim. paksu turkki, eläimen iso koko) ovat muuttuneet sukupolvi sukupolvelta, eli populaatiossa on tapahtunut mikroevoluutiota (alleelifrekvenssien muutosta).

## 9.3 (5 p.)

Yhteensä 5 pistettä esimerkiksi seuraavista (1 p./kohta; 2 p./kohta kattavasti selitettynä):

- Ihmisten taholta tuleva metsästyspaine kohdistui eri lajeihin eri tavalla. Toisia lajeja metsästettiin enemmän kuin toisia, ja joidenkin lajien kyky sietää vainoa (ja ihmisten läheisyyttä ylipäänsä) oli parempi kuin muiden.



- Jääkauden päättymistä seurannut ilmaston lämpeneminen ei suosinut arktisiin oloihin sopeutuneita lajeja. Ne joutuivat vetäytymään pohjoisemmaksi tai vuoristoihin, tai ne kuolivat sukupuuttoon.
- Jääkauden jälkeen ilmasto lämpeni, ja sen vuoksi kasvillisuus muuttui. Tämä muutos suosi lehdensyöjiä (kuten hirvieläimiä) heinäsyöjien (kuten villihevosten) kustannuksella.
- Euroopan ilmasto muuttui kosteammaksi ja mereisemmäksi, mikä ei suosinut kuivien arojen eläimiä.
- Eräät lajit kesytettiin kotieläimiksi, ja ihminen ryhtyi vainoamaan niiden viljejä kantamuotoja (esimerkiksi villihevonen ja alkuhärkä, myös susi), koska niitä pidettiin kotieläinten kilpailijoina tai vihollisina.
- Sukupuuttoon kuolleet lajit tulivat myöhään lisääntymiskykyisiksi, saivat vähän jälkeläisiä kerralla ja lisääntymiskertojen väli oli pitkä (K-strategia). Sopii hyvin esim. eri mummutilajeihin ja muihin isokokoiisiin nisäkäslajeihin.
- Lajin populaatioiden pirstoutuminen pieniksi erillisiksi osapopulaatioiksi johti osapopulaatioiden välisen geenivirran katkeamiseen.
- Tämä puolestaan lisää sisä- eli sukusiitosta, joka puolestaan lisää perinnöllisten sairauksien riskiä, heikentää hedelmällisyyttä ja vähentää lajinsisäistä geneettistä monimuotoisuutta.

#### 9.4 (5 p.)

Yhteensä 5 pistettä esimerkiksi seuraavista (1 p./kohta; 2 p./kohta kattavasti selitettynä):

- Kasvillisuus muuttui. Niittyjen ja arojen pinta-ala supistui, ja niiden tilalle levittäytyivät havu- ja lehtimetsät.
- Metsien levittäytymisen seurauksena maanpinnalle päätyi monin paikoin vähemmän valoa, mikä aiheutti muutoksia kenttäkerroksen kasvilajistossa.
- Lisäksi metsät sitoivat tehokkaammin kosteutta kuin avoimet alueet.
- Myös ihmisten harjoittama maanviljely ja kotieläinten laidunnus muuttivat maaperän koostumusta ja siten eri kasvilajien menestymisen edellytyksiä.
- Ravintoketjut muuttuivat. Monet suuret kasvinsyöjät ja niitä saalistaneet huippupedot kuolivat sukupuuttoon. Jäljelle jääneet suurpedot joutuivat metsästäämään uusia saaliseläimiä sukuputtoon hävinneiden sijaan. Eräille, kuten leijonille, ei Euroopassa enää riittänyt tarpeeksi saaliseläimiä.
- Jäljelle jääneet kasvinsyöjät kohtasivat vähemmän kilpailua resursseista, joten ne saattoivat laajentaa entisiä ekolokeroitaan.
- Eräiden kasvien siementen leviäminen saattoi hankaloitua, kun ne eivät enää päässeet kulkeutumaan hävinneiden suurten kasvinsyöjäeläinten ruuansulatuskanavassa tai niiden turkkiin kiinnittyneinä.



- Suurnisäkäslajien sukupuutolla oli negatiivisia vaikutuksia myös muihin, näistä lajeista riippuvaisiin eläinlajeihin, kuten niiden kanssa symbionttisessa vuorovaikutuksessa eläneisiin lajeihin sekä niiden loisiin.
- Ihmisille oli tarjolla vähemmän riistaa ja ihmisen ruokavalio muuttui. Toisaalta kotieläinten pitäminen kompensoi tätä.

## 10. Ruuansulatus (20 p.)

### 10.1 (10 p.)

Hyvän vastauksen voi jäsenellä joko alla olevan esimerkin mukaisesti ravintoaineittain tai ruuansulatuskanavan rakenteen mukaisesti.

Hiilihydraattien pilkkoutuminen (yhteensä enintään 3–4 p.):

- Syljen amylaasientsyymi aloittaa hiilihydraattien pilkkomisen suussa. (1 p.)
- Haimanesteen amylaasientsyymi erittyy pohjukaissuoleen ja jatkaa hiilihydraattien hajotusta. (1 p.)
- Ohutsuolessa suolinesteen entsyymit pilkkovat hiilihydraatteja (maltoosia, sakkaroosia ja laktoosia). (1 p.)
- Hiilihydraatit pilkkoutuvat monosakkarideiksi. (1 p.)
- Kaikki hiilihydraatit (esimerkiksi kuidut) eivät pilkkoudu. Kuidut siirtyvät paksusuoleen ja muodostavat osan ulostetta. (1 p.)

Proteiinien pilkkoutuminen (yhteensä enintään 3–4 p.):

- Mahalaukussa mahaneste on suolahapon vaikutuksesta hapanta, mikä aktivoi pepsinogeenin (1 p.) aktiiviseksi pepsiiniksi, joka aloittaa proteiinien pilkkomisen (1 p.).
- Haimanesteen trypsiini (1 p.) (trypsinogeeni muuttuu ohutsuolen epiteelisolujen erittämän entsyymin vaikutuksesta trypsiiniksi) ja kymotrypsiini (1 p.) (kymotrypsinogeeni muuttuu trypsiinin vaikutuksesta kymotrypsiiniksi) jatkavat proteiinien pilkkomista.
- Ohutsuolen suolinesteen peptidaasi (1 p.) jatkaa proteiinien hajottamista pilkkomalla peptidiketjuja aminohapoiksi. (1 p.)
- Haima erittää natriumbikarbonaatteja (ruokasooda), jotka neutraloivat ruokasulan. (1 p.)

Rasvojen pilkkoutuminen (yhteensä 3–4 p.):



- Maksan sappitiehyt aukeaa pohjukaissuoleen, missä sappinesteen (vesi, bikarbonaatit, kolesteroli, sappisuolat, bilirubiini) sappisuolat (1 p.) pilkkovat rasvojen suuret rasvapallerot pienemmiksi rasvapisaroiiksi. (1 p.)
- Haiman lipaasientsyyymi (1 p.) hajottaa rasvoja edelleen monoglyserideiksi ja vapaiksi rasvahapoiksi. (1 p.)

### 10.2 (5 p.)

Yhteensä enintään 5 pistettä esimerkiksi seuraavista:

- Monosakkaridit, aminohapot ja (lyhytketjuiset) rasvahapot imeytyvät ensin ohutsuolen nukkalisäkkeiden (1 p.) epiteelisoluihin ja niistä verenkiertoon (1 p.).
- Glyseridit ja rasvahapot imeytyvät nukkalisäkkeiden kautta imusuoniin (1 p.).
- Imusuonista rasva-aineet siirtyvät solislaskimon kautta verenkiertoon. (1 p.)
- Veri kulkee maksan porttilaskimon kautta maksaan, jossa tapahtuu aineiden hajotusta, varastointia ja muokkausta. (Maksa varastoi ylimääräistä glukoosia glykogeeniksi.) (1 p.)
- Maksasta veri lähtee maksalaskimon ja alaonttolaskimon kautta verenkiertoon. (1 p.)
- Kaurapuuron pilkkoutuneet ravintoaineet imeytyvät verestä kudospaineteeseen ja siitä solujen solukalvojen läpi soluihin. (1 p.)

### 10.3 (5 p.)

Yhteensä enintään 5 pistettä esimerkiksi seuraavista:

- Suurin osa aminohapoista kuluu solujen tarvitsemien proteiinien synteesiin. (1 p.)
- Proteiinit ovat esimerkiksi solujen rakennusaineita, entsyymejä ja hormoneja. (1 p.)
- Monosakkaridit ja rasvahapot sekä glyseroli ovat solujen energia-aineita. (1 p.)
- Ne hajoavat lopullisesti hapen läsnä ollessa solujen mitokondrioissa soluhengityksessä (1 p.) ja vapauttavat soluille ATP-energiaa kemiallisiin reaktioihin, supistumiseen ja jakautumiseen (1 p.).
- Osa rasvoista on rakennusaineina solujen kalvorakenteissa. (1 p.)



## 11. Biotekniikan sovellus (20 p.)

Hyvässä vastauksessa käsitellään kaikkia viittä työvaihetta:

### Työvaihe 1

Jäädyytetään sienien solut nestemäisellä typellä, jauhetaan solut, poistetaan lipidit (1 p.) (detergentti- ja liuotinkäsittelyllä) ja hajotetaan proteiinit (1 p.) (proteaaseilla). Sentrifugoimalla saadaan vesi- ja fenolifaasi erotettua, DNA jää vesifaasiin. (1 p.)

Leikataan irti haluttu geeni sienien genomista tähän tarkoitukseen valittujen restriktioentsyymien avulla. (1 p.)

Erotetaan leikattu geeni muusta DNA:sta elektroforeesin avulla hyytelömäisessä geelissä. Leikataan geelistä pala, jossa haluttu geeni on. (1 p.)

### Työvaihe 2

Monistetaan leikattua geeniä PCR-reaktiolla (1 p.), jotta saadaan tarpeeksi materiaalia seuraavaan vaiheeseen. Tähän tarvitaan spesifiset alukkeet (1 p.) geenin alusta ja lopusta ja DNA-polymeraasi (1 p.), joka rakentaa geenin kopion alukkeiden välille. Lämpötilaa nostamalla ja laskemalla (1 p.) saadaan uudet kopiot irrotettua toisistaan ja taas aloitettua uusi kopiointikierron. Toisto toistolta kopioidun DNA:n määrä kasvaa eksponentiaalisesti. (1 p.)

### Työvaihe 3

Entsyyminen sijoitetaan plasmidiin promoottorin jälkeen (1 p.) ligaasien avulla (1 p.). Kun plasmidin avaamisessa käytetään samaa restriktioentsyymiä (1 p.) kuin oli käytetty entsyymigeenin erityksessä, saadaan samanlaiset "tarrapinnat" liitettävä yhteen ligaasientsyymien avulla.

### Työvaihe 4

Plasmidi, joka sisältää entsyymigeenin ja antibioottiresistenssigeenin (merkkigeenin) (1 p.), siirretään leiviniivaan sähkösoikin tai solukalvon läpäisyä auttavan kemikaalin (esim. polyetyleniglykoli) avulla (1 p.). Antibioottiresistenssin avulla valitaan (1 p.) ne hiivasolut, jotka ovat transformoituneet (1 p.), ja niitä kasvatetaan edelleen (1 p.).





## Työvaihe 5

Jotta saadaan tuotettua suuri määrä entsyymiproteiinia (1 p.), leivinhiivaa kasvatetaan suurissa fermentoreissa (1 p.), joissa hiivasolut saavat kaikki tarvitsemansa ravintoaineet (sokeri, suolat, hivenaineet) (1 p.), ja lämpötila on sopiva ja happea saatavilla (1 p.). Plasmidissa oleva promoottori voi olla jatkuvasti aktiivinen tai se voidaan aktivoida jollain aineella tai käsittelyllä, jolloin hiivaviljelmä alkaa tuottaa kyseistä entsyymiproteiinia. (1 p.) Lopulta viljelmästä eristetään proteiinit (1 p.) ja mahdollisesti vielä puhdistetaan haluttu entsyymiproteiini pesuainekäyttöä varten (1 p.).

Työvaiheissa 1 ja 3 rekstrioentsyymien käytön vaihtoehtona hyväksytään CRISPR-Cas menetelmän kuvaaminen.